

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние состава шликера на свойства керамики

УДК 666.3.022.6:621.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г41	Бородич Ольга Викторовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц Александр Андреевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.03.01 Химическая технология	Ревва И.Б.	к.т.н, доцент		

**Планируемые результаты обучения
по основной образовательной программе подготовки бакалавров
18.03.01 (240100) Химическая технология**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), CDIO(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) (ОК-9, ОК-10, ОК-13, ПК-4, 7, 10, 12 -17, 26) CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) CDIO (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), CDIO (п. 2.5)
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), CDIO (п. 2.4)
P9	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в	Требования ФГОС (ОК-3,4) ,

	<p>коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i>, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.</p>	<p>Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) CDIO (п. 4.7, 4.8, 3.1)</p>
--	---	--

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология
Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ревва И.Б.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Г41	Бородич Ольге Викторовне

Тема работы:

Влияние состава шликера на свойства керамики	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Литературный обзор; Методы исследования; Экспериментальный анализ	Дитц А.А.
Финансовый менеджмент	Верховская М.В.
Социальная ответственность	Волков Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г41	Бородич Ольга Викторовна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технология
Уровень образования бакалавр
Отделение школы НОЦ Кижнера Н.М.
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и Ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.03.01 Химическая технология	Ревва И.Б.	к.т.н, доцент		

Оглавление

Реферат.....	9
Введение	10
Глава 1. Литературный обзор.....	11
1.1 Свойства нитрида алюминия.....	11
1.2 Способы получения нитрид алюминия	12
1.3 Область применения.....	13
1.4 Способы формования AlN.....	14
1.4.1 Методы выдавливания и вальцевания	15
1.4.2 Метод шликерного литья на основу.....	15
1.5 Материалы, применяемые при шликерном литье на основу.....	18
1.5.1 Растворители.....	18
1.5.2 Пластификаторы	19
1.5.3 Связки	20
1.5.4 Керамические порошки	22
1.5.5 Технические добавки	23
1.5 Примеры составов шликера для литья керамической ленты	24
1.6 Область применения.....	26
Глава 2 Материалы и методы исследования.....	27
2.1 Цели и задачи	27
2.2 Методы измерения	27
2.2.1 Растровый электронный микроскоп (РЭМ).....	27
2.2.2 Рентгеновская порошковая дифракция (XRD).....	28
2.2.3 Измерение вязкости.....	30
2.2.4 Определение пикнометрической плотности	33
2.3 Материалы	34
2.3.1 Порошок AlN	34
2.3.2 Связка	35
2.3.3 Растворитель.....	35
2.3.4 Пластификатор.....	37
Глава 3 Экспериментальная часть.....	39
Глава 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	56
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	56
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	56

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	57
4.1.3 SWOT-анализ.....	60
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	62
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	62
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	63
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	64
4.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	68
4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	74
Глава 5 Социальная ответственность.....	79
5.1 Производственная безопасность	79
5.1.1. Анализ вредных факторов при исследовании материалов.....	80
5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды	85
5.2. Экологическая безопасность	87
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	90
Выводы	93
Список используемой литературы.....	94

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 98 страницах, содержит 9 рисунков и 35 таблиц. Использовано 43 источника.

Ключевые слова: *шликер, нитрид алюминия, шликерное литье на основу, подложки из AlN.*

Объектом исследования является исследование влияния состава шликера на свойства керамики.

Цель работы: является снижение себестоимости подложки из AlN, за счет получение керамической без дефектной ленты толщиной 700 мкм.

В процессе исследования проводились эксперименты по изучению влияния состава шликера на его реологические свойства и свойства отлитой керамической ленты.

В результате исследования было установлено, что с уменьшением количества растворителя увеличивается вязкости шликера и толщина отлитой керамической ленты. Определены граничные условия для процесса литья керамической ленты удовлетворительного качества с толщиной более 1 мм.

Степень внедрения: НИОКР.

Область применения: электроника, микроэлектроника, светодиодная и осветительная техника.

ВЕДЕНИЕ

Керамические подложки изготавливают из BeO, Al₂O₃ и AlN. Подложки из AlN более предпочтительны, т.к. AlN обладает свойствами, которые превосходят другие материалы. Это низкий коэффициент термического расширения, высокая теплопроводность и совсем не проводит электричество. Главная функция керамики из AlN отводить тепло от нагревательных элементов, около 60% используется в теплорассеивании.

Чаще используют AlN в электронике, микроэлектронике, в приборостроении для изготовления корпусов и подложек интегральных схем, транзисторов. Еще одна из областей в энергетике используются подложки в качестве корпусов и носителей для чипов светодиодов. Керамика из AlN по коэффициенту теплового расширения схожа с кремнием и арсенидом галлия, основа большинства кристаллов, применяемых в силовой электронике и энергетике.

Учитывая, что одним из востребованных и хорошо развивающимся сегментов рынка в мире является электроника и электротехника, требуется разработать более экономичный способ производства подложек. Одним из самых производительных и современных способов производства объемных изделий из керамики для теплонагруженных элементов является метод шликерного литья на основу, который позволяет получать многослойные изделия.

Целью данной работы является получение плотноспеченной керамики из сырой керамической ленты толщиной более 700 мкм.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проведение литературного обзора;
2. Исследовать кинетику испарения растворителей из шликера;
3. Исследовать влияние состава шликера на его реологические свойства и на свойства отлитой ленты и спеченную керамику;

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Свойства нитрида алюминия

Нитрид алюминия (AlN), (синоним - азотистый алюминий, международное название - Aluminium Nitride) – материал, который относится к диэлектрикам, с ковалентными связями, имеющий гексагональную решетку структурного типа вюрцита (ZnS). Вюрцит это полупроводник с шириной запрещённой зоны 6 эВ. Жаропрочный нитрид обладает химической стойкостью к жидким металлам, хорошей стабильностью при высоких температурах и превосходной устойчивостью к тепловым ударам, но легко реагирует с водой при выделении NH_3 . AlN медленно растворяется в горячих минеральных кислотах. Холодные HCl , H_2SO_4 , HNO_3 и царская водка действуют слабо, холодная HF не действует [1]. Концентрированные горячие растворы щелочей разлагают с выделением NH_3 .

Физические свойства

AlN порошок от белого до светло – желтого цвета или водянисто-белые прозрачные кристаллы. В табл. 1.1 представлены физические свойства нитрида алюминия.

Таблица 1.1 – Физические свойства нитрида алюминия

Свойства	Значения
Молярная масса	40,9882 г/моль
Температура плавления	2200 °C
Температура возгонки (сублимации)	2000 °C
Плотность, ρ	3,05 г/см ³

В таблице 1.2 приведены наиболее важные электрофизические характеристики, предлагаемые для использования в разработках керамики из нитрида алюминия (AlN).

Таблица 1.2 - Важные электрофизические характеристики AlN [2]

Параметр	Значения
Теплопроводность, Вт/м*К	200 - 240
Прочность на изгиб, Мпа	250 – 300
Электрическая прочность, кВ/мм	14 – 18
Удельное электросопротивление (при 25°C), Ом*м	$>10^{12}$
Диэлектрическая постоянная (при 1 МГц)	9
Коэффициент температурного линейного расширения (при 25°C), $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	4,6
Тангес угла диэлектрических потерь:	
при 1 МГц	$1 \cdot 10^{-4}$
при 10 МГц	$5 \cdot 10^{-3}$

1.2 Способы получения нитрид алюминия

Способ 1. В трубчатую печь загружают шихту из твердого алюминия и фторида алюминия (III). Нагревают до 1000-1300 °С с получением фторида алюминия (I), который затем подвергают взаимодействию с азотом, аммиаком или другим азотсодержащим газом на поверхности этой шихты при атмосферном давлении. Газ подают навстречу движению шихты. Обеспечивается получение мелкодисперсного порошка нитрида алюминия высокой чистоты;

Способ 2. Нитрид алюминия получают путем сжигания нанопорошка алюминия в воздухе, в процессе сжигания на него действуют постоянным магнитным полем с индукцией 0,30-0,40 Тл [3];

Способ 3. Нитрид алюминия получают карботермическим восстановлением чистого оксида алюминия в атмосфере азота при температурах 1300-1700 °С;

Способ 4. Азотирование мелкодисперсного (менее 10 мкм) алюминиевого порошка при 600-800 °С в атмосфере азота и/или аммиака;

Способ 5. Обработка расплавленного алюминия в нейтральной атмосфере азотом при 1800-2300 °С;

Способ 6. Высокотемпературное азотирование металлического алюминия или его галогенида в условиях электрического разряда или плазмы;

Способ 7. Контактное восстановление соли или оксида алюминия при 450-1200 °С в среде расплавленных галогенных солей щелочных или щелочноземельных металлов;

Способ 8. Пирометаллургический способ: нагревание алюминия и селена с получением летучего селенида алюминия, который потоком инертного газа переносится в высокотемпературную (1500 °С) зону, куда подают азот. Образующийся нитрид алюминия удаляют из реакционного пространства и отделяют;

Способ 9. Гидрометаллургический способ: контактирование органических соединений алюминия с азотсодержащими соединениями и термообработка получаемых продуктов [4].

1.3 Область применения

Керамика из нитрида алюминия может использоваться в приборостроении в качестве:

- подложек мощных согласованных нагрузок и поглотителей мощности;
- подложек термоэлектрических преобразователей на основе элементов Пельтье в системе охлаждения до температуры 160 К;
- элементов перспективных разработок в области схмотехники и микроЭВМ в качестве подложек для ЧИПов для улучшения отвода тепла;
- коммутационных микрополосковых плат мощных полупроводниковых структур, устанавливаемых методом обратного монтажа;
- изолирующих прокладок в системах отвода тепла конструктивных узлов;

- теплопроводов, устройств охлаждения приемных систем повышенной чувствительности;
- теплопроводящих изоляторов, нагревателей активных термостатов приборных узлов;
- элементов систем с применением микрохолодильных машин для компенсации механических вибраций;
- в производстве радиоэлектронных компонентов [5].

Из нитрида алюминия изготавливают:

- Основания и держатели кристаллов мощных полупроводниковых приборов (транзисторов, диодов и пр.);
- Мультиплицированные платы для мощных резисторов, основания аттенюаторов;
- Носители схем датчиков отравляющих веществ, ионизирующего излучения, магнитного поля и др.;
- Пластины для ионизаторов и озонаторов воздуха;
- Экраны для радиочастотных генераторов плазмы [6].
- Нанодисперсные порошки нитрида алюминия используются, в том числе, для модифицирования свойств теплопроводных полимерных материалов – клеев и заливочных компаундов.
- В качестве модификатора электроизоляционных пропиточных лаков [7].
- Применяется для материалов из нановолокна;
- Использование AlN в медицине в качестве покрытия на традиционных металлических имплантационных материалах – титановых сплавах, нержавеющей стали, кобальтохромовых сплавах и т.д [8].

1.4 Способы формования AlN

Для формования тонких лент (пластин) определенной толщины, нашли применение нижеуказанные способы:

- литье (пластин) тонких пленок с помощью ракельного ножа (литьё на пленку);
- вальцевание;
- метод выдавливания.

1.4.1 Методы выдавливания и вальцевания

Сущность метода вальцевания сводится к формированию прокаткой массы, полученной смешиванием сырых керамических порошков с термопластичной связкой. В качестве термопластичных связок используют ацетиловые группы, акрилы, в качестве пластифицирующих добавок дибутилфталат, диакрилфталат. При прокатке лента нагревается и это значительно влияет на пластичность ленты, поэтому валки необходимо постоянно охлаждать. Для эффективного уменьшения толщины ленты между валками требуется давление в несколько сотен МПа, а для сведения к минимуму колебаний по толщине необходимо вести контроль температуры поверхности валков. Чем меньше толщина ленты, тем большее количество прокатов нужно сделать, так при снижении толщины ленты до 0,12 мм необходимо сделать от 6 до 12 прокатов [9].

При формировании выдавливанием, ленту получают при помощи мундштука, который монтируют на ленточном прессе. Толщину ленты регулируют вертикальными установочными винтами. Такая лента обычно содержит от 15 до 25 % влаги, ее сушат в сушилках с непрерывным движением конвейера. Таким способом получают ленту толщиной от 0,2 до 1,5 мм.

1.4.2 Метод шликерного литья на основу

Рассмотрим подробнее способ шликерного литья пленок. Схема процесса литья керамической пленки представлен на рис. 1.1.

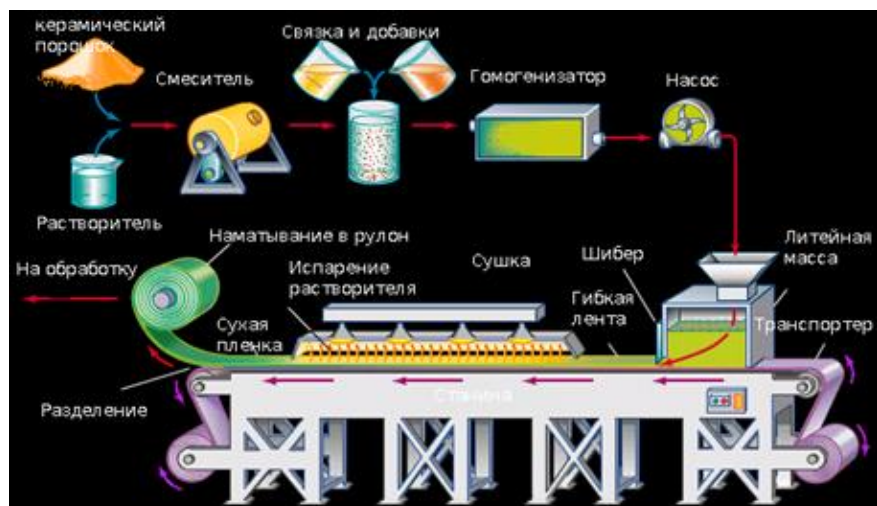


Рисунок 1.1 – Схема процесса литья керамической пленки на агрегате фирмы КЕКО

Согласно этому способу формования вначале все сырьевые материалы такие как растворители, пластификаторы, связки и т.д. смешивают в специальных барабанах до получения однородной суспензии (шликера) с требуемыми параметрами по вязкости, содержанию связки и растворителя. Обычно литье ведут при температуре $22 - 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и вязкости $60 - 80\text{ Па}\cdot\text{с}$, эти условия являются оптимальными для литья. Готовый шликер перед литьем вакуумируют для удаления газовых пузырьков из объема жидкой массы. При вакуумировании заметно снижается температура шликера. Это происходит за счет интенсивного испарения толуола и этилового спирта. Вязкость шликера возрастает. Смешанный и подготовленный шликер при помощи насоса поступает в расходную емкость, в которой автоматически поддерживается постоянный уровень шликера. Это обязательное условие для осуществления качественного литья, поскольку гидростатическое давление столба массы оказывает влияние на процесс истечения шликера и его распределение по майларовой ленте при помощи системы рапельных ножей льют на непрерывно движущуюся ленту. Схематично способ представлен на рисунке 1.2.

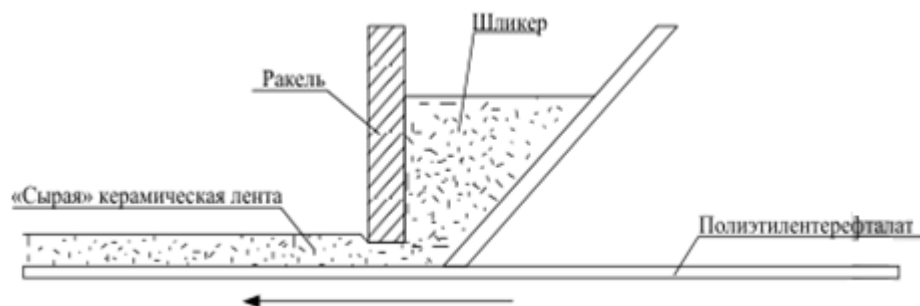


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема метода литья на пленку

Толщину отливаемой пленки регулируют зазором между лентой и ножом, вязкостью шликера, скоростью движения ленты. На толщину пленки влияют форма и угол лезвия ножа. Конструкции ножей представлены на рис. 1.3.

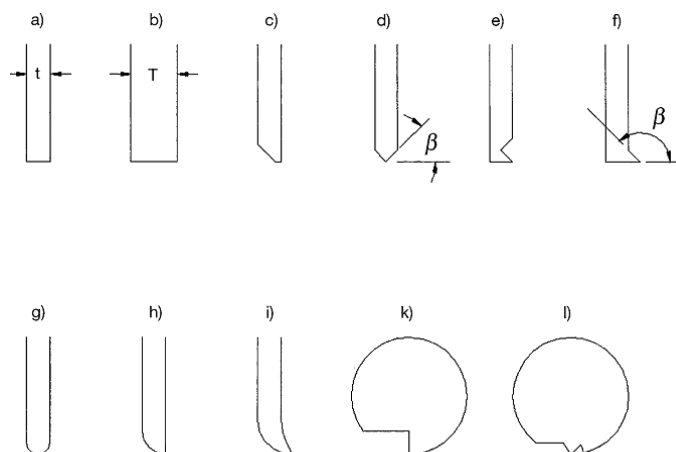


Рисунок 1.3 – Конструкции ножей, используемых при литье ленты

Лента-носитель, перемещаясь внутри вдоль литьевой машины проходит последовательно несколько зон, в которых происходит превращение разлитого шликера в пленку (табл.1.3).

Таблица 1.3 – Описание зон машины для литья пленок

I зона	Зона интенсивного испарения легких фракций органической части шликера. Протяженность этой зоны около 1 м. Конструктивно она выполнена в виде колпака из оргстекла. Под колпаком образуется атмосфера из паров (например, трихлорэтилена и этилового спирта)
II зона	Зона сушки ИК лампами или потоком теплоносителя (горячего

	воздуха), имеющая длину около 1 м. В ней растворители удаляются с поверхности и из внутренних слоев отлитой ленты. Этим создаются условия, предотвращающие образование трещин при дальнейшей сушке ленты
III зона	Зона вентиляторной сушки, в 1-й ее половине воздух с температурой +45 °С подается прямотоком движению ленты, а во 2-й - воздух с температурой +55 °С подается противотоком движению ленты

После окончания процесса сушки производится наматывание в рулон сформированной пленки. Пленка на бобине, упакованная в полиэтилен, может храниться длительное время (4-6 месяцев), не теряя своих свойств. Способом литья можно получать пленку толщиной $0,2 \pm 0,02$ мм и $0,3 \pm 0,02$ мм [10].

Достоинства метода:

Позволяет получать изделия различных размеров и одинаковой плотности, не требует значительных капитальных затрат.

Недостатки метода:

Высокая суммарная длительность процесса получения заготовок, необходимость изготовления и хранения больших количеств, адсорбирующих форм, потребность в мощном сушильном хозяйстве.

1.5 Материалы, применяемые при шликерном литье на основу

1.5.1 Растворители

Растворители – летучие органические жидкости, применяемые для растворения пленкообразующих веществ. Растворитель для органической фазы требуется только на начальной стадии процесса изготовления шликера. Растворитель позволяет быстрее смешать компоненты органической фазы, получить органическую фазу нужной вязкости для более полной гомогенизации с порошками керамического наполнителя, придать керамической композиции текучесть, что делает возможным формирование пленочного материала.

- Требования к растворителю:
- Совместимость с органической связкой;

- Совместимость с пластификатором;
- Не взаимодействовать с керамическим порошком;
- Низкая стоимость;
- Легкое удаление из ленты [11].

Быстрая сушка является важной частью работы растворителя. Скорость сушки литой ленты является определяющим фактором скорости литья. Основная причина, по которой некоторые производители не решаются переключиться на литье на водной основе является уменьшенная скорость сушки, что влечет уменьшению производственной мощности. Органические растворители сильно испаряются быстрее, чем вода.

Примеры растворителей приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4 – Примеры растворителей

Наименование	Температура кипения, °С	Плотность, кг/м ³	Вязкость, мПа·с	Растворимость в воде, %
Ацетон	56,1	0,792	0,318	Хорошая
Бензол	80,1	0,879	0,647	0,18
Изопропиловый спирт	82,4	0,786	2,43	хорошая
Метанол	64,7	0,792	0,597	хорошая
Толуол	110,6	0,867	0,584	0,014
Этанол	78,3	0,802	1,22	хорошая

1.5.2 Пластификаторы

Вещества, которые вводят в состав полимерных материалов для придания (или повышения) эластичности и (или) пластичности при переработке и эксплуатации. Это достигается за счет того, что пластификатор окружает молекулы полимера и удерживает их на расстоянии, причём это расстояние может изменяться в определённых пределах. Механизм работы пластификатора, представлен на рис. 1.4.

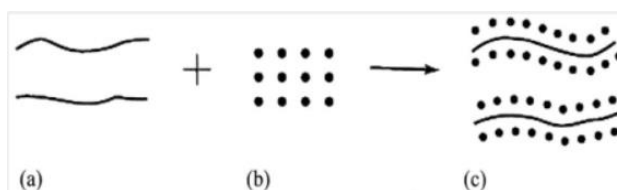


Рисунок 1.4 – механизм работы пластификатора

а –связка, b – пластификатор, с - пластифицирующее воздействие

Пластификаторы облегчают диспергирование ингредиентов, снижают температуру технологической обработки композиций, улучшают морозостойкость полимеров, но иногда ухудшают их теплостойкость. Некоторые пластификаторы могут повышать огне-, свето- и термостойкость полимеров [12].

- Общие требования к пластификаторам:
- хорошая совместимость с полимером, растворителем;
- низкая летучесть, отсутствие запаха;
- Температуры удаления пластификатора ниже начала окисления керамического порошка;
- Хорошее пластифицирующее свойство;
- химическая инертность;
- стойкость к экстракции из полимера жидкими средами, например, маслами, моющими средствами.

Примеры пластификаторов приведены в табл. 1.5.

Таблица 1.5 – Сравнение пластификаторов [13]

Тип пластификатора	DPGDB	3G7	DPGDB	DHA
Содержание пластификатора (% от начальной массы)	30	26	30	25,1
Содержание ацетата калия, (%)			0,05	0,05
Содержание Tinuvin P, (%)	0,15	0,15	0,15	0,15
Продольное растягивающее напряжение при разрушении (н/мм ²)	31,43	28,28	30,93	28,82
MFR 190(г/10 мин)	2,33	2,28	2,23	2,31
Испытание на сдвиг F/Sn (н/мм ²)	28,29	16,94	22,58	13,05
Мутность	0,03	0,05	0,09	0,02
Показатель изменения окраски	0,66	0,84	0,98	0,82

1.5.3 Связки

Связки формируют вокруг керамических частиц адсорбционные оболочки, что предотвращает укрупнение частиц, замедляет их

седиментационное осаждение, обеспечивает упрочнение пленки после ее высыхания [14].

Связка придаёт керамической ленте гибкость, прочность, пластичность, гладкость, твёрдость. Количество связующего компонента должно находиться в определённых пределах, поскольку это влияет на качество керамики (сырую плотность, наличие пор, прессуемость, температурную кривую удаления связки, геометрические размеры изделия).

По своей химической природе и свойствам технологические связки могут быть водорастворимыми или растворимыми только в органических жидкостях, быть твердыми или жидкими, иметь природное или синтетическое происхождение. Большинство применяемых в производстве керамики технологических связок органического состава является твердыми водорастворимыми веществами. Связующие свойства они приобретают, будучи растворены в воде и соответственно в органических жидкостях. Таким образом, воду также можно рассматривать как компонент технологической связки.

Требования к связкам:

- Температуры удаления связки ниже начала окисления керамического порошка;
- Хорошее связующее свойство.
- Компоненты связок не должны вступать с керамическим порошком в химическое взаимодействие, которое сопровождается заметным изменением состава порошка (реакции восстановления, окисления, обмена).
- Количество временной связки должно быть минимальным для выбранного вида формования.
- Связки, а также продукты их окисления или пиролиза не должны обладать токсичностью или могут иметь минимальную допустимую токсичность.

- В процессе их удаления из керамических изделий связки должны достаточно легко удаляться полностью, иметь минимальный остаток в виде золы или продуктов пиролиза.

Ниже представлены примеры органических связок табл.1.6.

Таблица 1.6 – Примеры органических связок

Материал/ вещество	Свойства органической связки			
	Плотность, г/см ³	Степень полимеризации	Растворим в	Не растворим в
Поливинил- Бутираль		500-1600	спиртах, кетонах, сложных эфирах, хлорир. углеводородах, смеси этанола с бензолом	бензине, диэтиловом эфире;
Поливиниловый спирт (ПВС)	1,27 - 1,30	500-1500	воде, кислотах, фосфорной кислоте, концентрированных водных растворах многоатомных спиртов (глицерине, гликоле, диэтиленгликоле и др.)	одноатомных спиртах, кетонах (ацетоне), эфирах
Диоктилфталат	0,98 -0,99		бензине, хлороформе, петролейном эфире	в воде
Метилцеллюлоза	1,2 - 1,31		холодной (до 50 °С) воде, некоторых органических кислотах, спиртах и эфирах	большинстве органических растворителей

1.5.4 Керамические порошки

Получают как традиционными методами - синтезом из простых веществ, карботермическим синтезом, так и самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС), плазмохимическим и растворным синтезом, диссоциацией сложных соединений и электролизом. Размер частиц

порошков находится в пределах от 20 нм до 500 мкм. Форма частиц порошков губчатая, осколочная, округлая, ограниченная, изометрическая, волокнистая. Порошки получают с кристаллической и аморфной структурами.

- Требования к керамическим порошкам:
- Содержание основного вещества более 98 мас.%;
- Содержание кислорода менее – 1 мас. % (только для нитридной керамики);
- Гранулометрический состав порошка D_{50} - менее 2-4 мкм;
- Должен обеспечивать высокие эксплуатационные свойства [15].

1.5.5 Технические добавки

Пеногасители применяют для снижения водосодержания шликера, улучшения процесса гидратации и повышения прочности отливок почти на 30 – 50%. В шликер рекомендуется добавлять 0,1 – 0,5% раствора КМЦ, ПАВ и др. Ввод добавок (особенно ССБ) может вызвать вспенивание шликера. Пенистые шликеры плохо транспортируются по трубопроводам. В качестве пеногасителей рекомендуется использовать кремнийорганические полимеры (полиметилсиликон и др.) в небольших количествах — 0,001—0,003% массы сухих компонентов шликера. Пеногасители лучше вводить в шликер до введения ПАВ.

Примеры пеногасителей:

Пеногаситель «Emulgen L-40» -неионогенное ПАВ, производное полиоксиэтилена;

Диспергаторы снижают поверхностную энергию измельчаемых частиц, что позволяет проводить измельчение при меньших энергетических затратах, и препятствуют протеканию обратного процесса – агрегации, слипанию частиц. К диспергаторам также относят поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые стабилизируют коллоидные системы и препятствуют осаждению и расслоению. После удаления растворителя ПАВ способно увеличивать адгезию связки и минеральных частиц, чем может значительно уменьшить пористость керамической пленки.

Самым распространённым диспергатором в плёночном литье традиционно считается рыбий жир (Menhaden Fish Oil). Он позволяет связать частицы порошка и органического связующего посредством липофильной и гидрофильной групп, предотвращая их агрегацию.

Также в качестве диспергаторов применяют следующие материалы:

- Линолевая кислота.
- Олеиновая кислота.
- Лимонная кислота.
- Стеариновая кислота.
- Соли полиакриловых кислот.
- Соли метакриловых кислот.
- Кукурузное масло.
- Сафлоровое масло.
- Льняное масло.
- Триолеинокислый глицерин.
- Синтетические восковые эфиры.

1.5 Примеры составов шликера для литья керамической ленты

Керамический шликер представляет собой концентрированную суспензию порошка в жидкости. Для изготовления пленки должен состоять в основном из трех компонентов:

- минеральная часть, которая после обжига образует керамическое тело;
- органическая часть, связка, пластификатор, ПАВ. Связка требуется для формирования пленки и удерживает частицы минеральной части, пластификатор обеспечивает пленке эластичность после удаления из нее растворителя, который удаляется в период сушки пленки;
- растворитель, который, растворяя связку, способствует равномерному распределению минеральных частиц в объеме связки.

Ряд общих требований, предъявляемых к литьевому шликеру:

- однородность, агрегативная устойчивость шликера по всему объему;

- хорошая текучесть при относительно низком содержании связующего;
- качественные внутренняя и наружная поверхности набранной массы;
- легкое отделение от ленты.

В таблицах 1.7 – 1.9 представлены примеры составов шликеров.

Таблица 1.7 – Пример состава 1 [16]

Компонент	Содержание компонентов, мас. %
Керамический порошок	40,55 - 54,33
Поливинилбутираль	3,46 - 6,81
Этиловый спирт	33,48 - 4,52
Бутиловый спирт	8,13 - 10,77
Олигоэфиракрилат или дибутилсебагинат	0,58 - 1,3
Тетраэтоксисилан или полиэтилсилоксановая жидкость ПЭС-5	0,02 - 0,05

Таблица 1.8 – Пример состава – 2 [17]

Компоненты	Состав компонентов, мас. %
Керамический порошок	48,00 - 63,00
Поливиниловый спирт	1,4 - 4,15
Поливинилацетатная эмульсия	0,72 – 2,15
Глицерин	0,42 – 4,98
Полиэтиленгликоль	0,42 – 3,2
Дистиллированная вода	31,09 - 39,17
Оксиэтилированный алкилфенол	0,10 – 0,30
Дибутилфталат	0,07 – 0,83

Таблица 1.9 – Пример – 3 [18]

Компоненты	Состав компонентов, мас. %
Керамический порошок	48,8 - 64,9
Поливинилбутираль	2,70 – 3,66
Этиловый спирт	25,0 – 35,6
Бутиловый спирт	6,25 – 8,77
Дибутилсебагинат или олигоэфиракрилат	0,82 – 1,17

Компоненты	Состав компонентов, мас. %
Полиэтилсилоксановая жидкость	0,02 - 0,08
Оксиэтилированный алкилфенол	0,13 – 0,52
Салициловая кислота	0,02 – 0,06
Глицерин	0,005 – 0,560
Этиленгликоль	0,15 – 0,37
Триэтаноламин	0,005 – 0,460

1.6 Область применения

Керамические подложки из нитрида алюминия формы тонких прямоугольных пластин применяются в элементах радиотехнике, электронике, микроэлектронике, энергетике, в космическом приборостроении. Применяется в качестве теплопоглотителя в светодиодной осветительной технике или высокоомощной электронике.

Преимущество подложек из нитрида алюминия перед другими материалами (Al_2O_3 , BeO) заключается в свойствах, которыми обладает AlN. Это высокая теплопроводность, обладает высокой устойчивостью к температурным воздействиям, хорошие электроизоляционные свойства, низкий коэффициент теплового расширения при относительно невысокой стоимости (в 5–7 раз ниже удельной стоимости керамики из оксида бериллия) [19].

Учитывая высокие темпы развития этих отраслей, требуется разработать более экономичный способ производства подложек из нитрида алюминия, которые необходимы для отвода тепла от теплонагруженных элементов. Подложки набираются из лент, которые формируются с помощью шликерного литья на основу. Цель исследования является снижение себестоимости таких изделий, за счет получения керамических без дефектной ленты толщиной 700 мкм.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Цели и задачи

Целью данной работы является получение плотнospеченной керамики из сырой керамической ленты толщиной более 700 мкм.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Проведение литературного обзора;
2. Исследовать кинетику испарения растворителей из шликера;
3. Исследовать влияние состава шликера на его реологические свойства и на свойства отлитой ленты и спеченную керамику;

2.2 Методы измерения

2.2.1 Растровый электронный микроскоп (РЭМ)

Растровый электронный микроскоп (РЭМ, англ. Scanning Electron Microscope, SEM) с помощью него исследуют топографию неоднородностей дефектов и состояния поверхности: например, топологию поверхности (границы зерен, поры, трещины, неоднородности состава и др.), распределение элементного состава по поверхности образца - в характеристическом рентгеновском излучении; распределение донорных или акцепторных центров - по величине поглощенного тока; топографию магнитной доменной структуры - во вторичных электронах [20].

Принцип его работы основан на зондировании поверхности изучаемого образца электронным пучком (зондом), при этом возникает несколько видов излучения: вторичные и отраженные электроны, прошедшие электроны, рентгеновское тормозное излучение, световое излучение. Электронные линзы фокусируют электронный пучок в пятно очень малых размеров. Это пятно непрерывно обегает некоторый участок образца. Электрический сигнал, возникающий при бомбардировке объекта электронами пучка, улавливается специальным детектором и усиливается, и используется для формирования изображения на экране компьютера и его фотографируют. Сигналами для получения изображения в РЭМ служат вторичные, отраженные и поглощённые

электроны. Разрешающая способность РЭМ зависит от электронной яркости пушки и составляет 5-10 нм (до 2-3 нм) [21].

Основа сканирующего электронного микроскопа – электронная пушка и электрооптическая колонна, функции которых состоят в формировании остросфокусированного электронного зонда средних энергий (200 эВ – 50 кэВ) на поверхности образца [20]. Электронная пушка состоит из катода, цилиндра Венельта и анода. Обычно в качестве катода используется вольфрамовая V-образная проволока, согнутая под углом. Прибор обязательно должен быть оснащен вакуумной системой для создания необходимого разряжения ($\sim 10^{-3}$ Па). Также в РЭМ есть предметный столик, позволяющий перемещать образец минимум в трех направлениях.

В работе использовался растровый электронный микроскоп JEOL JSM 6000 с вольфрамовым источником электронов.

2.2.2 Рентгеновская порошковая дифракция (XRD)

Рентгеновская порошковая дифракция (XRD) – это метод быстрого анализа, который в основном используется для идентификации фазы кристаллического материала и может предоставлять информацию о размерах элементарной ячейки. Анализируемый материал тонко измельчают, гомогенизируют и определяют средний объемный состав. Дифракция рентгеновских лучей основана на конструктивной интерференции монохроматических рентгеновских лучей и кристаллического образца. Эти рентгеновские лучи генерируются электронно-лучевой трубкой, фильтруются для получения монохроматического излучения, коллимируются для концентрирования и направляются к образцу [22]. Взаимодействие падающих лучей с образцом создает конструктивную интерференцию (и дифрагированный луч), когда условия удовлетворяют закону Брэгга ($n \lambda = 2 d \sin \theta$). Этот закон связывает длину волны электромагнитного излучения с углом дифракции и расстоянием между решетками в кристаллическом образце. Эти дифрагированные рентгеновские лучи затем детектируются, обрабатываются и подсчитываются. Сканируя образец в диапазоне 2θ углов,

все возможные направления дифракции решетки должны быть достигнуты из-за случайной ориентации порошкообразного материала. Преобразование дифракционных пиков в d -расстояние позволяет идентифицировать минерал, потому что каждый минерал имеет набор уникальных d -расположений. Как правило, это достигается путем сравнения d -интервалов со стандартными образцами. Дифракция рентгеновских лучей представлена на рис. 2.1.

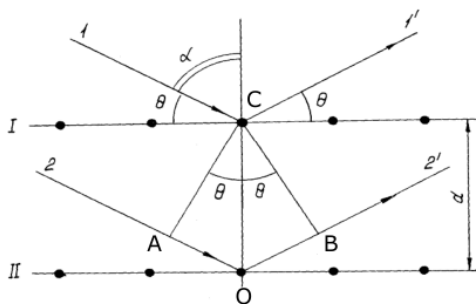


Рисунок 2.1 – Дифракция рентгеновских лучей от плоскостей

С помощью метода XRD можно характеризовать образцы тонких пленок [23]:

- определение несоответствия решетки между пленкой и подложкой и определение напряжения и деформации;
- определение плотности дислокаций и качества пленки с помощью измерений кривой качания;
- измерительные сверхрешетки в многослойных эпитаксиальных структурах;
- определение толщины, шероховатости и плотности пленки с использованием измерений отражательной способности рентгеновского отражения [23].

Прибор, на котором производится анализ называется дифрактометр, он состоит из трех элементов: рентгеновской трубки, держателя образца и рентгеновского детектора. Рентгеновские лучи генерируются в электронно-лучевой трубке путем нагрева нити для получения электронов, ускорения электронов к мишени путем приложения напряжения и бомбардировки материала мишени электронами. Когда электроны имеют достаточную энергию

для вытеснения внутренних оболочечных электронов материала мишени, создаются характерные рентгеновские спектры. Эти спектры состоят из нескольких компонентов, наиболее распространенными из которых являются $K\alpha$ и $K\beta$, $K\alpha$ состоит из $K\alpha_1$ и $K\alpha_2$. Специфические длины волн характерны для материала (Cu, Fe, Mo, Cr). Для получения монохроматического рентгеновского излучения, необходимого для дифракции, требуется фильтрация фольгой или кристаллическими монохромометрами. $K\alpha_1$ и $K\alpha_2$ достаточно близки по длине волны, так что используется взвешенное среднее из этих двух. Медь является наиболее распространенным материалом мишени для монокристаллической дифракции. Эти рентгеновские лучи коллимируются и направляются на образец. Когда образец и детектор вращаются, регистрируется интенсивность отраженного рентгеновского излучения. Когда геометрия падающего рентгеновского излучения, падающего образец, удовлетворяет уравнению Брэгга, возникает конструктивная интерференция и происходит интенсивность пика. Детектор записывает и обрабатывает этот рентгеновский сигнал и преобразует сигнал в скорость счета, которая затем выводится на устройство, такое как принтер или монитор компьютера.

2.2.3 Измерение вязкости

Вязкость – это сила сопротивления относительно перемещению слоев жидкости, приходящуюся на единицу площади слоя и отнесенную к скорости сдвига.

Таблица 2.1 – Классификация неньютоновских и вязкоупругих материалов

Реологический класс	Подкласс	Описание	Примеры
Вязкоупругие	Тело Максвелла	Последовательное линейное соединение упругого и вязкого элемента	Механические модели, получаемые сочетанием механических эквивалентов простых реологических тел
	Тело Кельвина	Параллельное линейное соединение упругого и вязкого элемента	

Реологический класс	Подкласс	Описание	Примеры
Вязкопластичные	Тело Бингама	Параллельное соединение вязкого и элемента сухого трения	примеры(вязкоупруга я жидкость является полиизобутилен, Вязкоупругое твердое вещество — набухшая в масле резина)
Вязкость материала не изменяется с продолжительностью механического воздействия	Бингамовский пластик	Минимальное напряжение (напряжение сдвига) необходимо для течения	Зубная паста, маргарин, майонез, суспензия глины, шоколад, томатный кетчуп
	Псевдопластичные	Кажущая вязкость понижается с увеличением напряжения сдвига	Бумажная масса в воде, мороженное, кровь, сироп, полимерные расплавы и растворы
	Дилатантные	Кажущая вязкость возрастает с увеличением напряжения сдвига	Суспензия крахмала, зыбучий песок, суспензия песка в воде
Вязкость материала изменяется с продолжительностью механического воздействия	Реопексные	Кажущая вязкость возрастает с продолжительностью сдвига	Взбитые кремы, гипсовые пасты, принтерные чернила
	Тиксотропные	Кажущая вязкость понижается с продолжительностью сдвига	Некоторые глины, многие краски, чернила

Определение динамической вязкости осуществлялось на ротационном вискозиметре Brookfield RVDV-II+ Pro. Принцип работы прибора основан на измерении закручивания калиброванной пружины при вращении шпинделя (цилиндра и др.) в тестируемой жидкости с постоянной скоростью. Схема прибора представлена на рис. 2.2 [24].

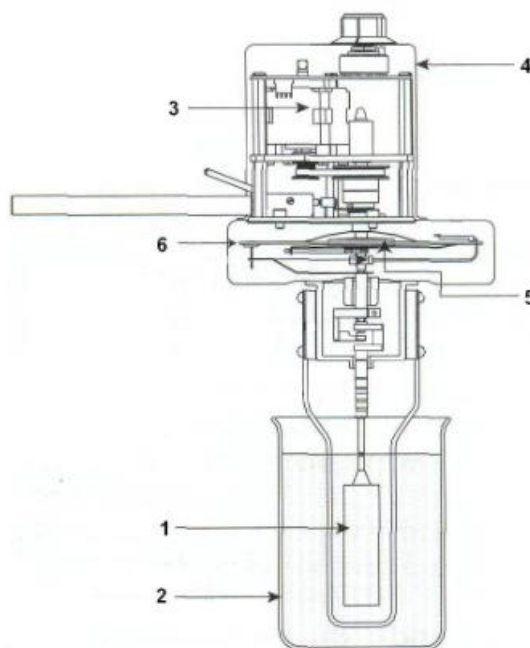


Рисунок 2.2 – Схема ротационного вискозиметра Brookfield [24]

Шпиндель (1) вращается в жидкости, помещенной в контейнер (2) с помощью мотора (3), помещенного в корпус (4) через калиброванную пружину (5). Вязкое трение жидкости о шпиндель определяется по закручиванию калиброванной пружины, которое измеряется датчиком угла вращения. Закручивание пружины отражается на дисплее (6).

Технические характеристики:

- При автономной работе можно попеременно и последовательно использовать 18 скоростей и выборочно – 54 скорости (по выбору оператора);
- При управлении с персонального компьютера доступны скорости в диапазоне 0,01 – 200 об/мин (0,01 – 0,99 об/мин с дискретностью 0,01 об/мин, 1,0 – 200 об/мин с дискретностью 0,1 об/мин);
- Количество шпинделей – 6;
- Диапазон измерения вязкости 100 – $40 \cdot 10^6$ мПа*сек;
- Диапазон измерения температуры: -100 °С – 300 °С;
- Точность измерения вязкости: $\pm 1,0$ % верхнего предела диапазона измерения;
- Воспроизводимость измерения вязкости: $\pm 2,0$ %;

- Точность измерения температуры: $\pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в диапазоне $-100 - 149\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в диапазоне $-150 - +300\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Условия эксплуатации: температура $0 - +40\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха $20 - 80\%$, без конденсации влаги.

2.2.4 Определение пикнометрической плотности

Использование метода пикнометрической плотности для определения плотности керамического порошка. Используют для измерения пикнометр, которые бывают объемом 1, 2, 3, 5, 10, 25, 50 и 100 см³ [25]. Этот измерительный инструмент был изобретен Д.И. Менделеевым в 1859-м году. Пикнометр представляет собой измерительную стеклянную колбу точно известного объема, с более узким горлышком, чем имеет стандартная мерная колба. Она может быть различной конструкции, с меткой на горловине, с градуированной горловиной или капилляром в горловине. Инструмент может быть оснащен дополнительной капиллярной трубочкой-отводом, которая закрывается пришлифованным термометром. Некоторые пикнометры закрываются притертыми пробками или колпачками, чтобы минимизировать испарение жидкости из сосуда.

Методика определения пикнометрической плотности:

Определяется масса пустого сухого пикнометра F . Затем заполняется он дистиллированной водой до метки и снова взвешивается F_1 . Зная плотность воды C_v при температуре опыта определяют объём пикнометра [26]:

$$V_{\text{пик}} = \frac{(F_1 - F)}{C_v}, \quad (2.1)$$

Колбу тщательно высушивают, заполняют на $1/2 - 2/3$ ее объема исследуемым порошком и взвешивают F_2 . После этого в неё заливают пикнометрическую жидкость, чтобы пикнометр был заполнен примерно на $2/3$ или $3/4$ своего объема, вакуумируют. Доливают до метки пикнометрическую жидкость, взвешивают F_3 . Находятся объём жидкости в пикнометре [26]:

$$V_{\text{ж}} = \frac{(F_3 - F_2)}{C_{\text{ж}}}, \quad (2.2)$$

Пикнометрическая плотность порошка рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{пик}} = \frac{F_2 - F}{V_{\text{пик}} - V_{\text{ж}}}, \quad (2.3)$$

Измерения производят 3-5 раз и берут среднее арифметическое.

2.3 Материалы

2.3.1 Порошок AlN

В работе для экспериментальной части был выбран порошок AlN с содержанием нитрида алюминия 97,7 % и спекающая добавка Y_2O_3 .

Внешний вид порошка AlN: порошок от белого до серого цвета.

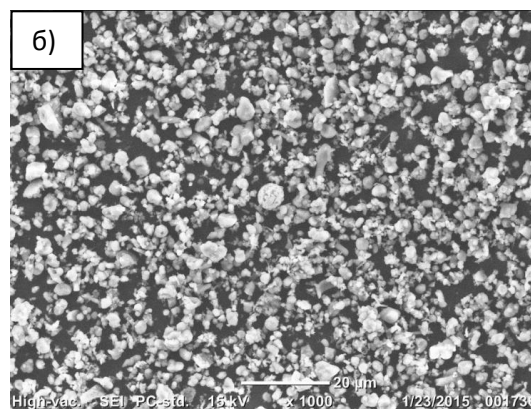
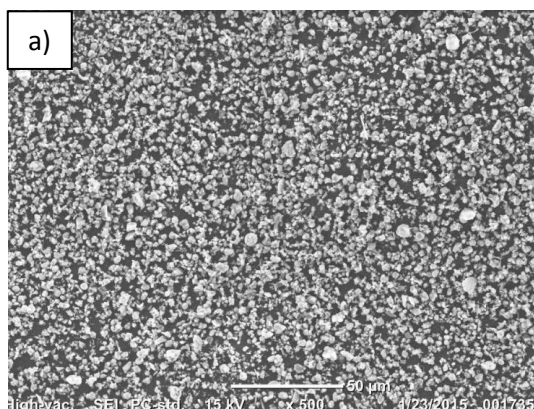
Площадь удельной поверхности по данным БЭТ порошка AlN составила 1,549 м²/г, средний размер частиц – 3,1 мкм.

Насыпная плотность порошка была определена свободным засыпанием в бюкс объемом 83,87 см³ при свободном падении и составила 0,46 г/см³.

Таблица 2.2 – Определение насыпной плотности порошка AlN

Номер пробы	m _{бюкс} , г	m _{бюкс+порош} , г	m _{порош} , г	V _{бюкс} , см ³	ρ _{нас} , г/см ³
1	15,158	54,386	39,228	83,87	0,4677
2	15,158	53,359	38,201	83,87	0,4554
3	15,158	53,478	38,320	83,87	0,4569

На рисунке 2.3 представлены данные электронной микроскопии исходного порошка, выполненные на растровом электронном микроскопе JEOL JSM 6000 при разном увеличении. На микрофотографиях видно, что частицы порошка нитрида алюминия имеют округлую форму. При этом встречаются конгломераты размером не более 5 мкм и не менее 1 мкм, сложенные более мелкими частицами.



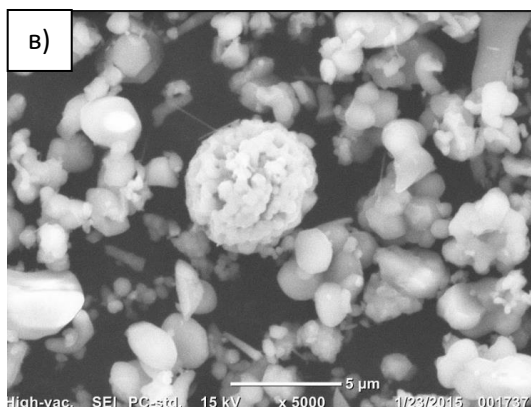


Рисунок 2.3 –

Микрофотографии порошка AlN

а)	увеличение	x500,
б)	увеличение	x1000,
в)	увеличение	x5000

2.3.2 Связка

Поливинилбутираль (PVB) – аморфный синтетический полимер, полученный в результате взаимодействия поливинилового спирта и масляного альдегида.

Свойства поливинилбутираля характеризуются следующими показателями, представленными в табл.2.3. [27]:

Таблица 2.3 – Показатели поливинилбутираля [27]

Показатели	Значения
Предел прочности при растяжении	450 – 500 кгс/см ²
Предел прочности при растяжении	800 – 1000 кгс/см ²
Модуль упругости при изгибе	20000 – 22000 кгс/см ²
Ударная вязкость	60 – 100 кгс · см/см ²
Относительное удлинение при разрыве	15 -25%
Теплостойкость по Мартенсу	50 – 55 °C

Поливинилбутираль стоек к взаимодействию кислорода и озона. Он хорошо растворим в спиртах, кетонах, сложных эфирах, смеси этанола с бензолом, не растворим в бензине, диэтиловом эфире [28].

Поливинилбутираль хранят в закрытом помещении при температуре не более плюс 25 °C [29].

2.3.3 Растворитель

Толуол – бесцветная, прозрачная, легко воспламеняющаяся жидкость с характерным запахом, нерастворим в воде, растворим в ацетоне, смешивается в любых соотношениях с абсолютным спиртом и эфиром.

Формула C₇H₈

Физические константы представлены в табл. 2.4. [30].

Таблица 2.4 – Физические константы толуола [30]

Физическая константа	Единица измерения	Величина
Температура кипения	°C	110,62
Температура плавления	°C	-94,99
Плотность d ²⁵	г/см ³	0,8623
Показатель преломления		1,49693
Вязкость, при 20°C (абсолютная)	сПз	0,584
Вязкость (кинематическая)	сПз	0,675
Теплота образования, ΔH _f ^o , жидкость	кДж/моль	12,0

Получают толуол в основном из нефти при вторичной ее переработке: риформинге низкокипящих продуктов, полученных при прямой перегонке нефти или каталитическом крекинге, пиролизе газойля и рафинатов риформинга, направленном одновременно на получение непредельных и ароматических углеводородов. Очистку нефтяного толуола осуществляют методом экстракции или экстрактивной ректификации.

Требования безопасности [31]:

- Толуол токсичен. По степени воздействия на организм человека относится к 3-му классу опасности. Предельно допустимая концентрация толуола в воздухе рабочей зоны производственных помещений – 50 мг/м³. При увеличении концентрации толуол действует раздражающе на слизистые оболочки и кожу, а также вызывает поражение жизненно важных органов и систем.
- Толуол – легковоспламеняющаяся жидкость. Температура самовоспламенения 536 °C. Температура вспышки 4 °C. Пределы самовоспламенения: нижний 0 °C, верхний 30 °C.
- Этанол – этиловый спирт (этанол, метилкарбинол, винный спирт) одноатомный алифатический с формулой C₂H₅OH. Молекулярная масса (по международным атомным массам 1971 г.) - 46,05.

Внешний вид - прозрачная бесцветная жидкость без посторонних примесей. Этиловый спирт - легко воспламеняющаяся бесцветная жидкость с характерным запахом. Категория и группа взрывоопасной смеси этилового спирта с воздухом ПА-Т2. Температурные пределы воспламенения насыщенных паров спирта в воздухе: нижний 11 °С, верхний 41 °С. Область воспламенения 3,6-19% (по объему). Предельно допустимая концентрация паров этилового спирта в воздухе производственных помещений (ПДК) - 1000 мг/м [32]. Характеристики этилового спирта, представлены в табл.2.5.

Таблица 2.5 – Свойства этилового спирта [33]

Характеристика	Значение
Плотность	0,7893 (20°С, г/см ³)
Показатель преломления (для D-линии натрия)	1,3611 (20°С)
Показатель диссоциации	pKa (1) = 18 (20 С, вода)
Стандартная энтальпия образования ΔН (298 К, кДж/моль)	-234,8 (г)
Стандартная энтропия образования S (298 К, Дж/моль·К)	281,38 (г)
Стандартная молярная теплоемкость Ср (298 К, Дж/моль·К)	1,197 (г)
Энтальпия плавления ΔНпл (кДж/моль)	4,81
Энтальпия кипения ΔНкип (кДж/моль)	839,3
Температура вспышки в воздухе (°С)	13
Температура самовоспламенения на воздухе (°С)	404

2.3.4 Пластификатор

Пластификатор DBP – дибутилфталат (ди – н – бутиловый эфир ортофталевой кислоты). Эмпирическая формула C₁₆H₂₂O₄. Молекулярная масса 273,35.

Внешний вид: прозрачная маслянистая жидкость без механических примесей со сладким фруктовым запахом, цвет легко желтый. Пластификаторы представляют собой малолетучие высококипящие жидкости, практически не растворимые в воде, при обычных условиях устойчивые к гидролизу и к воздействию кислорода воздуха.

Хорошо растворим в органических растворителях (этаноле, бензоле, бензине, ацетоне), малорастворим в воде (~0,1 % при 20 °С).

Температура вспышки и воспламенения, предельно допустимая концентрация паров пластификаторов в воздухе рабочей зоны производственных помещений приведены в табл. 2.6 [34].

Таблица 2.6 – Свойства дибутилфталата [34]

Наименование показателя	Значения
Температура вспышки, °С	168
Температура воспламенения, °С	202
Предельно допустимая концентрация паров в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	0,5

Основная функция этого пластификатора – это добавить готовой продукции большей эластичности. Готовая продукция, имеющая в своем составе этот компонент, сохраняет изначальную форму, но в тоже время, она может быть гибкой и эластичной. На таком материале не появляются сколы или трещины. Также пластификаторы уместно добавлять в изделия, которые подвергаются частым перепадам температур.

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г41	Бородич Ольге Викторовне

Школа	ИШНПТ	Отделение	Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Рассчитана стоимость исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Система налогообложения, принятая для образовательных учреждений (27,1% отчисления во внебюджетные фонды). Премияльный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Доступность исходного сырья, экологичность, теплоизоляционные свойства, прочность, энергоэффективность.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Планирование структуры работ, их трудоемкость, разработка графика проведения исследования, расчет бюджета исследования: затраты на сырье, оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет интегрального показателя эффективности: определение финансовой эффективности и ресурсоэффективности; сравнение эффективности разработки с аналогами

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская М.В.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г41	Бородич Ольга Викторовна		

ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данном разделе ВКР выполняется анализ и расчёт основных параметров для реализации конкурентоспособного продукта, который приносит доход, но и отвечает современным требованиям ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Продуктом, для запуска на рынок, является керамическая подложка из AlN. Стоит отметить, что продукт должен обладать хорошими теплофизическими свойствами, и что самое главное - иметь способность выдерживать конкуренцию на рынке. В данной части происходит определение возможных альтернатив разработки проекта, которые будут отвечать требованиям финансовой и ресурсной эффективности.

Для того чтобы решить задачи, связанные с финансовой оценкой продукта, его ресурсоэффективностью и ресурсосбережением, в экономическом разделе ВКР нужно:

- провести анализ и исследования рынка покупателей;
- рассмотреть и исследовать разработки конкурентных решений;
- провести QuaD-анализ;
- провести SWOT-анализ;
- провести планирование НИР;
- рассчитать материальные затраты на изготовление.
- определить ресурсную (ресурсосберегающую), финансовую и экономическую эффективность исследования.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Основной продукт, получаемый в ходе научно-исследовательской работы на предприятии является керамические подложки из AlN.

Керамические подложки используются в приборостроении, в электроники. По данным японской компании, производящей нитрид алюминия, его производство достаточно большое — в 2015 году выпустили 1 тыс. тонн, объемы только растут. Прогнозируется, что производство будет расти на 5% ежегодно — это связано с развитием электроники.

Сегментировать рынок производства керамической подложки можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид изделия табл.4.1.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка по виду применения материала

		Материал подложки		
		AlN	BeO	Al ₂ O ₃
Область применения	Микроэлектроника	+	+	+
	Приборостроение	-	+	+
	Светодиодная осветительная техника	-	+	-

Как видно из приведенной карты сегментирования, уровень конкуренции отсутствует или имеет низкие показатели в области применения светодиодной осветительной технике и приборостроении подложек из AlN.

Необходимо сосредоточиться на области применения светодиодной технике с использованием подложек из AlN, т.к. он является единственным техническим материалом, который сочетает крайне высокую теплопроводность и отличные изоляционные свойства и именно этот сегмент не занят на нише рынка.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Важно произвести анализ конкурентных разработок для того, чтобы иметь возможность оценить возможность составить конкуренцию другим производителям подобной продукции.

На сегодняшний день основные производители подложек из нитрида алюминия — это Япония (Kyocera и Maruwa). В России ведущими

производителями являются ЗАО «НЭВЗ-КЕРАМИКС», которое находится в Новосибирской области.

Подложки должны обладать хорошей теплопроводностью, т.е. переносить тепло быстро ко всем остальным частям предмета, низким коэффициентом теплового расширения, чтоб при нагревании до высоких температур не увеличивалась подложка в размерах. Хорошими диэлектрическими свойствами, которые показывают, насколько хорошим изолятором являются подложки. Толщина пленки должна быть большой, чтоб тратить меньше сырья на создание пленок, из которых набирается подложка. Пленка должна быть гибкой (эластичной), чтоб не рвалась и не ломалась при использовании. Поверхность должна быть качественной (без пор, без пузырьков, трещин), т.к. это снижает теплопроводность и изоляцию.

В табл.4.2 представлена Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность			Ранг
		Бф	Бк1	Бк2	Бф	Бк1	Бк2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Химические критерии оценки ресурсоэффективности								
1. Термическая стойкость	0,11	8	7	8	0,84	0,74	0,84	1
2. Высокая теплопроводность	0,10	10	10	10	0,99	0,99	0,99	2
3. Удельное электрическое сопротивление	0,06	7	6	7	0,45	0,39	0,45	8
4. Толщина	0,08	4	3	3	0,30	0,23	0,23	6
5. Коэффициент теплового расширения	0,03	9	8	7	0,26	0,23	0,20	14
6. Прочность на изгиб	0,04	10	9	9	0,35	0,32	0,32	13

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность			Ранг
		Бф	Бк1	Бк2	Бф	Бк1	Бк2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7. Хорошая изоляция	0,06	8	8	8	0,47	0,47	0,47	9
8. Качество поверхности	0,05	9	9	8	0,42	0,42	0,37	11
9. Плотность	0,04	3	5	4	0,12	0,20	0,16	12
10. Механическая и химическая стойкость, стойкость при высоких температурах	0,07	9	10	10	0,63	0,70	0,70	7
Экономические критерии оценки эффективности								
1. Конкурентно-Способность	0,08	3	3	3	0,25	0,25	0,25	5
2. Уровень проникновения на рынок	0,02	8	7	6	0,19	0,16	0,14	15
3. Цена	0,02	8	7	6	0,14	0,12	0,11	16
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	2	3	3	0,18	0,26	0,26	4
5. Финансирование научной разработки	0,06	9	9	9	0,47	0,47	0,47	10
6. Срок выхода на рынок	0,01	7	7	7	0,04	0,04	0,04	18
7. Наличие сертификации разработки	0,09	10	10	10	0,94	0,94	0,94	3
Итого	1,00				7,14	7,03	7,03	

Б_ф – подложки из AlN выпускает фирма НИИПП Томск;

Б_{к1} – подложки из BeO (Япония);

Б_{к2} – подложки из Al₂O₃ (Новосибирск).

В результате анализа существующих подложек, можно сделать вывод о том, что целесообразно изготавливать из AlN.

К проблемной зоне относятся: толщина и срок эксплуатации. Рекомендации, что бы улучшить критерии продукта:

- 1. Это улучшить состав шликера, тем самым улучшить его свойства, попробовать перейти на более качественное сырье;
- 2. Уменьшить зазор между лентой и ножом, изменить угол, форму лезвия ножа;
- 3. Улучшить процесс приготовления пленок.

4.1.3 SWOT-анализ

Базовым рынком сбыта продукции является рынок Российской Федерации и Японии.

SWOT-анализ используют для исследования внешней и внутренней среды проекта. SWOT-анализ представлен в табл.4.3.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	1. Безотходное производство 2. Высокая термическая стойкость; 3. Хорошая гибкость 4. Высокая теплопроводность 5. Использование меньшего количества исходного сырья 6. Быстрее набирается толщина подложки	1. Высокие требования к продукту 2. Малый рынок сбыта из-за конкуренции с большими зарубежными фирмами 3. Использование импортного сырья 4. Малый круг потребителей
Возможности: 1. Использование нетоксичного экологически чистого нитрида алюминия (AlN) 2. Инновационные достижения в области керамики (НИОКР) 3. Появление	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» 1. Применение в сложных деталях, тем самым расширение области применения 2. Подбор состава для улучшения свойств и качества продукта 3. Увеличить толщину пленок, для уменьшения количества пленок для создания подложки	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» 1. Расширить область применения за счет экологичности и улучшения качества по сравнению с другими нитридами 2. Анализ слабых сторон конкурентов и сосредоточение на этих свойствах в своем продукте

дополнительного спроса на улучшенный продукт		
Угрозы: 1. Высокая стоимость оборудования (замена, ремонт) 2. Производители с более развитыми технологиями 3. Потеря поставщиков 4. Изменение валютных курсов 5. Сложность продвижения 6. Поступление на рынок альтернативных товаров	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Совершенствование методики и состава шликера, в соответствии с конкурентными преимуществами 2. Переход на отечественное сырье 3. Создание собственного оборудования для производства пленок	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Использовать разный механизм исполнения пленок 2. Разработать более качественный продукт 3. участие в грантах и конкурсах 4. Поддержка инвесторами

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что продукт имеет преимущества перед конкурентами при выходе на рынок: безотходное производство, обладает высокой термической стойкостью, хорошей гибкостью, высокой теплопроводностью, используется меньшее количества исходного сырья для отливания пленок, быстрее набирается толщина подложки. Несмотря на преимущества, есть и слабые стороны продукта: высокие требования к продукту, малый рынок сбыта из-за конкуренции с большими зарубежными фирмами, использование импортного сырья, малый круг потребителей. Для улучшения и устранения слабых сторон необходимо: усовершенствовать свойства продукта и технологию изготовления

пленок, улучшить состав или заменить компоненты, входящие в шликер отечественным сырьем.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках ВКР;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление примерного времени продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Выполнение данной ВКР не требует большого количества участников. В рабочую группу входит научный руководитель и студент.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Порядок этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Выбор направления Исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель Инженер
	6	Проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	Руководитель, инженер

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, инженер
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, инженер
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка технологии	Руководитель, инженер
Изготовление и испытание опытного образца	11	Получение опытных образцов	Инженер
	12	Лабораторные испытания опытных образцов	Руководитель, инженер
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож i}$ используется следующая формула:

$$t_{ож i} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{min} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{max} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости, рассчитывается продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2017 году 365 календарных дней, из них выходных/праздничных 118 и рабочих 247 дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

В таблице 4.5 представлены временные показатели проведения научно - исследовательской работы.



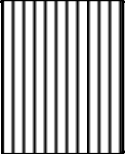

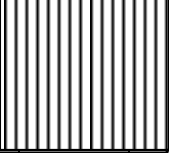
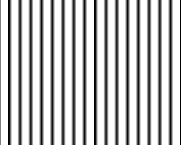
Таблица 4.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работ	Трудоемкость работ			Исполнит ели	Т _{pi} , раб.дн.	Т _{ki} , кал.дн.
	t _{min} , чел- дни	t _{max} , чел- дни	t _{ож} , чел- дни			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	Р	0,7	1
	1	2	1,4	И	0,7	1
Выбор направления исследований	1	2	1,4	Р	0,7	1
	1	2	1,4	И	0,7	1
Подбор и изучение материалов по теме	16	22	18,4	И	9,2	14
Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	Р	0,7	1
	3	4	3,4	И	1,7	3
Проведение теоретических расчетов и обоснований	20	22	20,8	И	10,4	15
Проведение экспериментов	21	23	21,8	И	10,9	16
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	3	4	3,4	И	1,7	3
Оценка полученных Результатов	1	2	1,4	Р	0,7	1
	4	7	5,2	И	2,6	4
Определение целесообразности проведения ВКР	2	3	2,4	Р	1,2	2
	3	4	2,8	И	1,4	2
Разработка технологии	2	4	2,8	Р	1,4	2
	2	4	2,8	И	1,4	2
Получение опытных образцов	9	11	9,8	И	4,9	7
Лабораторные испытания опытных образцов	17	20	18,2	И	9,1	13
Составление пояснительной записки	20	25	22	И	11	16
Итого				Р	5	8
				И	66	98

Р – руководитель; И – инженер.

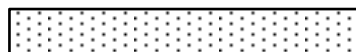
На основе таблицы 4.6 был построен календарный план-график в виде диаграммы Ганта.

Таблица 4.6 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работы	Т _{кл} , Дней		Продолжительность выполнения работ									
	Р	И										
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Составление и утверждение технического задания	1	1										
Выбор направления исследований	1	1										
Подбор и изучение материалов по теме	-	14										
Календарное планирование работ по теме	1	3										
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	15										
Проведение экспериментов	-	16										

Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиям	-	3										
Оценка полученных результатов	1	4										
Определение целесообразности проведения ВКР	2	3										
Разработка технологии	2	2										
Получение опытных образцов	-	7										
Лабораторные испытания опытных образцов	-	13										
Составление пояснительной аписки	-	16										

Руководитель



Инженер



4.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Расчет материальных затрат НТИ

Результаты расчета затрат на сырье в процессе проведения НИР представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы З _м , руб.
Порошок нитрид алюминия	Кг	2	20000	40000
Поливинилбутираль	Кг	0,168	590	99,12
Дибутилфталат	Л	0,168	300	50,4
Этанол	Л	0,648	180	116,64
Толуол	Л	0,324	56	18,14
Олеиновая кислота	Кг	0,01	120	1,2
Итого				40285,50

Расчет затрат на оборудование для научно экспериментальных работ

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Все оборудование имеется в наличии. Насос, печь и весы не амортизируются, поскольку их стоимость составляет менее 100000 рублей, в затраты включается их полная стоимость.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле (4.5):

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100 \cdot k}, \quad (4.5)$$

где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации, %;

n – количество дней использования оборудования;

k – количество рабочих дней в году.

$$A_1 = \frac{300000 \cdot 0,07 \cdot 4}{222} = 376,68;$$

$$A_2 = \frac{300000 \cdot 0,07 \cdot 6}{222} = 8475,34;$$

$$A_3 = \frac{300000 \cdot 0,14 \cdot 8}{222} = 502,24;$$

Таблица 4.8 – Расчет затрат на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок службы оборудования, год	Время использования, дней	H_a , %	Цена оборудования, тыс. руб.	Амортизация
1	Печь муфельная ПМ-8	1	8	4	-	42300	-
2	Вискозиметр Брукфильда DVII+PRO	1	17	4	7	300000	376,68
3	Насос вакуумный мембранный	1	12	12	-	20000	-
4	Литьевая машина САМ-L252	1	15	6	7	4500000	8475,34
5	Шаровая мельница лабораторная	1	7	8	14	100000	502,24
6	Весы аналитические Веста В153	1	12	4	-	15000	-
ИТОГО:86654,26							
Затраты электроэнергии: 5867,28							
Итого по статье: 92521,54							

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле 4.6.

$$З_э = N \cdot t \cdot P, \quad (4.6)$$

где N – мощность электроприбора, кВт;

t – время использования оборудования, час;

P – стоимость электроэнергии, 5,8 руб./кВт.

$$З_{э1} = 3 \cdot 192 \cdot 5,8 = 3340,8 \text{ руб};$$

$$З_{э2} = 1,50 \cdot 8 \cdot 5,8 = 69,6 \text{ руб};$$

$$З_{э3} = 2,40 \cdot 8 \cdot 5,8 = 111,36 \text{ руб};$$

$$З_{э4} = 3,50 \cdot 48 \cdot 5,8 = 974,4 \text{ руб};$$

$$З_{э5} = 2,40 \cdot 96 \cdot 5,8 = 1336,32 \text{ руб};$$

$$З_{э6} = 1,50 \cdot 4 \cdot 5,8 = 34,8 \text{ руб};$$

Расчет затрат на электроэнергию представлен в табл.4.9.

Таблица 4.9 – Расчет затрат на электроэнергию

Наименование оборудования	N, кВт/ч	t, ч	Затраты, руб.
Печь муфельная ПМ-8	3,00	192	3340,8
Вискозиметр БрукфильдаDV-II+PRO	1,50	8	69,6
Насос вакуумный мембранный	2,40	8	111,36
Литьевая машина САМ-L252	3,50	48	974,4
Шаровая мельница лабораторная	2,40	96	1336,32
Весы аналитические Веста В153	1,50	4	34,8
Итого:			5867,28

Основная заработная плата исполнителей темы

Оклад руководителя от ТПУ (доцента, к.т.н) составляет 33664 рубля (без учета районного коэффициента). Оклад инженера составляет 9489 руб. (без учета районного коэффициента), (принято на основе данных с окладов профессорско-преподавательского состава и дипломников-студентов).

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (4.7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (4.8)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

$З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.9:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя,

при отпуске в 48 раб.дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

В таблице 4.10 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 4.10 – Баланс рабочего времени за 2017

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: (выходные дни/ праздничные дни)	64 8	111 8
Потери рабочего времени: отпуск невыходы по болезни	48 0	24 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	222

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{окл}} \cdot k_p, \quad (4.10)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в табл.4.11.

Таблица 4.11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{окл} , руб.	k _р	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _{р, раб.} дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	33664	1,3	43763,2	1857,70	5	9288,516
Инженер	9489	1,3	12335,7	577,89	66	38140,65
Итого З _{осн} 47429,17						

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (4.11):

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнители	З _{осн} , руб	З _{доп} , руб.	З _{зн} , руб.
Руководитель	9288,516	1114,62	10403,14
Инженер	38140,65	4576,88	42717,53

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формуле (4.12):

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, 27,1%.

В табл.4.13 представлены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 4.13 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	9288,52	1114,62
Инженер	38140,65	4576,88
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	0,271
Итого: 14395,70		

Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.13):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.13)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (16%).

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Руководитель	Инженер	
1. Материальные затраты НТИ	40285,50		Табл.4.7
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	92521,54		Табл.4.8
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	9288,52	38140,65	Табл. 4.11
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	1114,62	4576,88	Табл. 4.11
5. Отчисления во внебюджетные Фонды	14395,70		Табл.4.12
6. Накладные расходы	32051,75		16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	232375,16		Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 4.14 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

4.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.14)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 232375,16$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 250400$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 255460$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{232375,16}{255460} = 0,91;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{250400}{255460} = 0,98;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{255460}{255460} = 1.$$

Интегральный показатель ресурс эффективности рассчитывается как:

$$I_{pi} = \sum (a_i \cdot b_i), \quad (4.15)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки.

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
1.Сложность технологии	0,3	5	4	2
2. Диэлектрические свойства	0,25	5	5	5
3. Теплофизические свойства	0,1	5	5	4

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий Проект	Исп.2	Исп.3
4.Коэффициент теплового расширения	0,1	4	3	3
5.Способность к металлизации	0,15	5	4	4
6.Материалоемкость	0,1	5	5	4
Итого	1,00			

Подложки должны обладать хорошим теплоотводом, отвод тепла от нагревательных элементов (теплофизические свойства), низким коэффициентом теплового расширения, чтоб при нагревании до высоких температур не увеличивалось в размерах. Хорошими диэлектрическими свойствами, которые показывают, насколько хорошим изолятором являются подложки. Сложность технологии, не каждая компания способна изготовить подложки.

$$I_{\text{рт.пр.}} = 0,3 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 4,9;$$

$$I_{\text{риск.1}} = 0,3 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,35;$$

$$I_{\text{риск.2}} = 0,3 \cdot 2 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4,55;$$

Сравнительная оценка характеристик вариантов объекта представлена в таблице 4.16.

Таблица 4.16 - Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Текущий проект	Исп.1	Исп.2
Интегральный финансовый показатель разработки $I_{\text{финр}}$	0,91	0,98	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки I_p	4,9	4,35	3,55
Интегральный показатель эффективности I	5,325	4,439	3,55
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,5	1,200	1,250

В целом, данный проект является перспективным с точки зрения ресурсопотребления, так как в отличие от аналогов в проекте предусмотрены меньшие затраты на себестоимость будущей продукции за счет

использования местных недорогих сырьевых материалов и возможное достижение требуемых характеристик.

Заключение по разделу

С целью полной оценки стоимости проведения научного исследования был сформирован его бюджет. Все имевшееся на момент начала проведения исследования химическое сырье было принято, как вновь купленное по текущим ценам. Для оборудования рассчитана амортизация.

Общий бюджет НТИ составил 412285,94 руб., из них материально-технических затрат – 160807,59 руб., человеческих – 251478,35 руб.

С точки зрения ресурсоэффективности, данное исследование является выгодным и конкурентоспособным по сравнению с существующими технологиями.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4Г41	ФИО Бородич Ольге Викторовне
----------------	---------------------------------

Институт	ИШНПТ	Подразделение	Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – высокотеплопроводная керамика на основе нитрида алюминия</p> <p>Область применения – электроника, электротехника, микроэлектроника, радиотехника</p>
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.</p>	<p>1.1 Вредные производственные факторы, создаваемые объектом исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; – Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; – Недостаточная освещенность рабочей зоны. <p>1.2 Опасные производственные факторы, создаваемые объектом исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности; – токсическое воздействие; – электробезопасность; – пожаровзрывобезопасность.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Используемые в работе вещества не оказывают вредного воздействия на окружающую среду. Единственной необходимой мерой безопасности является очистка запыленного воздуха в пылеуловителях</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>3.1 Перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</p> <p>3.2 Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p>3.1 Возможные виды ЧС: пожар, взрыв при работе с электрооборудованием, в частности с электропечами.</p> <p>3.2 Мероприятия по предотвращению наиболее типичной ЧС – пожара, согласно нормативным документам: НПБ 105-03; ППБ 01-03.</p>

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 4.1 Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; 4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4.1 Описание правовых норм для работ, согласно следующим документам: с ФЗ №116 «О промышленной безопасности на опасных производственных объектов»; 4.2 Мероприятия по компоновке рабочей зоны по ГОСТ 12.2.033-78
Перечень графического материала: 1. Схема размещения светильников в лаборатории; 2. План эвакуации сотрудников из лаборатории.	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волков Юрий Викторович	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г41	Бородич Ольга Викторовна		

ГЛАВА 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Цель данной главы – выявление вреда и опасностей, возникающих при выполнении экспериментальной части работы, а также разработка мер по их устранению.

Объект исследования – высокотеплопроводный керамический материал на основе нитрида алюминия. Область применения данного вида керамики включает электронику, электротехнику и микроэлектронику, а именно теплонагруженные элементы электронных микросхем и других конструкций, где важен отвод тепла в процессе эксплуатации.

Для осуществления экспериментальной части работы применялось следующее оборудование: валковая лабораторная мельница, вакуумметр, вискозиметр, литьевая машина, муфельная печь.

5.1 Производственная безопасность

Для обеспечения безопасности персонала при работе в лаборатории необходим анализ вредных и опасных факторов. Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов проводится по ГОСТ 12.0.003-74 [35]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для выбранных объектов исследования, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 –Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке состава высокотеплопроводного керамического материала на основе нитрида алюминия

Источники факторов	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74		Нормативные Документы
	Вредные	Опасные	
1. Вакуум-насос 2. Этанол; 3. Толуол;	1. Повышенная температура поверхностей оборудования,	1.Токсическое воздействие на организм человека;	2. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение; 2. ГОСТ 12.1.007–76

Источники факторов	Факторы по ГОСТ 12.0.003-74		Нормативные Документы
	Вредные	Опасные	
4. Литьевая машина; 5. Валковая Лабораторная мельница; 6. Муфельная печь.	материалов; 2. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны;	2. Электрический ток; 3. Движущиеся машины и механизмы;	ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности; 3. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов; 4. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности; 5. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; 6. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

5.1.1. Анализ вредных факторов при исследовании материалов

Описание рабочего места

В рамках выполнения данного научного исследования все экспериментальные работы проводились в химической лаборатории НОЦ Н.М. Кижнера. Лаборатория имеет размеры 12×7×4,2 м, окраска потолка светлая, стены и пол – темные.

Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов

Термические опасности в лаборатории обусловлены наличием оборудования с повышенной температурой поверхности. К таким оборудованиям относятся печь для обжига и сушильный шкаф. Аппараты с повышенной температурой поверхности защищены специальными заградительными корпусами. При работе с таким оборудованием необходимо исключить их непосредственный контакт с кожными покровами, для этого используются специальные захваты и защитные перчатки из жароустойчивого материала. Электрическая печь должна включаться только в сеть с заземлением. Работающие обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Помещение для работы с электропечью должно быть обеспечено первичными средствами пожаротушения: огнетушителем, ящиком с песком, емкостью с водой.

Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны

Основные материалы, используемые в работе – порошкообразные вещества. Порошкообразные вещества повышают запыленность воздуха в помещении при работе с ними. В работе использовались порошки нитрида алюминия и поливинилбутираль. Мелкие частицы материалов поступают в воздух и могут находиться во взвешенном состоянии длительное время. Скорость оседания пыли воздуха прямо пропорционально зависит от размера частиц. При вдыхании в легких человека задерживаются частицы пыли размером от 0,2 до 7,0 мкм. Попадая в органы дыхания, пыль повреждает слизистую оболочку верхних дыхательных путей, а задерживаясь в легких, приводит к развитию соединительной ткани и рубцеванию легких. При попадании пыли на слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей ее раздражающее действие, как механическое, так и химическое, проявляется наиболее ярко.

По ГОСТ 12.1.005-88 установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли в воздухе рабочей зоны (таблица 5.2). Используемые в работе порошкообразные вещества не относятся к высокому или чрезвычайному классу опасности, тем не менее, превышение ПДК приводит к фиброгенному воздействию на организм человека. Загрязнение атмосферного воздуха пылью вызывает необходимость его очистки в приточных системах вентиляции.

К средствам индивидуальной защиты от запыленности рабочей зоны относятся вытяжные системы, а также спецодежда, не допускающая попадания пыли на кожные покровы.

Таблица 5.2 – ПДК веществ в воздухе рабочей зоны

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Действие на организм человека
ALN	-/6	IV	Фиброгенное
Поливинилбутираль	-/8	III	Фиброгенное

Недостаточная освещенность

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы. Создание благоприятных условий для работоспособности включает рациональное освещение, которое достигается совмещением искусственного и естественного освещения. Днем лаборатория освещается прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода. Для времени суток, когда недостаточно естественного света, предусмотрено искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками - светильниками с люминесцентными лампами. Освещение нормируется СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение» [36], по которому лаборатория по освещенности относится к IV разряду (работа со средней точностью), наименьший размер объекта различения свыше 0,5-1,0 мм, величина нормируемой освещенности равна 200 лк общего освещения.

Размеры помещения $12 \times 7 \times 4,2$ м, потолок в лаборатории имеет светлую окраску, стены и пол - темную.

Площадь помещения таким образом составит:

$$12 \cdot 7 = 84 \text{ м}^2.$$

Освещенность в помещении рассчитывается по формуле 5.1.

$$E = E_0 \cdot K, \quad (5.1)$$

где E_0 – рекомендуемая освещенность, лк;

K – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,3.

Таким образом, освещенность в помещении:

$$E = 200 \cdot 1,3 = 260 \text{ лк}.$$

Уровень от рабочей поверхности до потолка рассчитывается по формуле 5.2.

$$h = H - h_p, \quad (5.2)$$

где h_p – высота рабочей поверхности, м.

$$h = 4,2 - 0,9 = 3,3 \text{ м}.$$

Расчетная длина между двумя рядами светильников рассчитывается по формуле 5.3. Соответствующее число рядов светильников (n) находится как отношение ширины помещения к расчетной длине между светильниками.

$$L = g \cdot h, \quad (5.3)$$

где g – оптимальное соотношение световых потоков (для выбранного типа ламп ЛБ-40 составляет 1,3).

$$L = 1,3 \cdot 3,3 = 4,29 \text{ м}.$$

$$n = \frac{7}{4,29} = 1,63.$$

Принимаем число рядов равным двум. Индекс освещения рассчитывается по формуле 5.4 и составляет:

$$i = \frac{S}{(A + B) \cdot n} = \frac{84}{(12 + 7) \cdot 2} = 2,21. \quad (5.4)$$

Коэффициент использования потока может быть рассчитан по формуле 5.5.

$$\eta = 0,5 \cdot (q_n + q_c), \quad (5.5)$$

где q_n – коэффициент отражения светового потока от потолка (0,7);

q_c – коэффициент отражения светового потока от стен (0,7).

$$\eta = 0,5 \cdot (0,7 + 0,7) = 0,7.$$

Необходимое число светильников в ряду находится по формуле 5.6.

$$N = \frac{E \cdot S \cdot Z}{n \cdot F \cdot \eta \cdot \gamma}, \quad (5.6)$$

где Z – коэффициент непрерывности, равный 1,1;

F – световой поток светильника, лм;

γ – коэффициент затемнения, равный 1.

В светильнике две лампы, световой поток каждой равен 2480 лм, соответственно световой поток светильника в два раза больше и составляет 4960 лм.

$$N = \frac{260 \cdot 84 \cdot 1,1}{2 \cdot 4960 \cdot 0,7 \cdot 1} = 3,46.$$

Примем число светильников равным 4.

При длине светильника 1,27 м, их общая длина составляет:

$$1,27 \cdot 4 = 5,08 \text{ м.}$$

Расстояние между светильниками при этом составит:

$$\frac{12 - 5,08}{4 + 1} = 1,38 \text{ м.}$$

Схема расположения светильников представлена на рисунке 5.1.

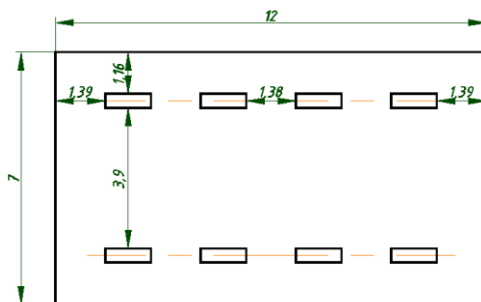


Рисунок 5.1 – Схема расположения светильников.

Способ размещения светильников в лаборатории - симметричный, это обеспечивает равномерное освещение оборудования и рабочих мест.

5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

Токсическое воздействие на организм человека

В качестве растворителей используются этиловый спирт, толуол. Этиловый спирт по степени воздействия на организм относится к 4 –ому классу опасности (малоопасный), толуол к веществам 3-го класса опасности (умеренно опасные вещества) согласно ГОСТ 12.1.007-76 [37]. Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны - 1,1-10,0 мг/м³ толуола, более 10,0 мг/м³ этанола. Толуол является токсичным веществом, обладающим резким запахом. Пары толуола при высоких концентрациях оказывают наркотическое воздействие на человека, вызывая сильные галлюцинации и диссоциативное состояние. Повышенные концентрации паров также оказывают вредное влияние на нервную систему человека, раздражающе действуют на кожу, а также на слизистые оболочки глаз. Отравление возможно при вдыхании паров при превышении ПДК. Предельно допустимая концентрация толуола в воздухе рабочей зоны производственных помещений - 50 мг/м³ [38].

Работать с растворителями необходимо в стойких к их воздействию резиновых перчатках, обязательно под тягой и в хорошо проветриваемом помещении.

Электрический ток

В ходе выполнения данной работы имеет место использование электрических приборов. Согласно классификации помещений по электробезопасности дипломный проект разрабатывался в помещении без повышенной опасности (класс 01 по ГОСТ 12.1.019 [39]), характеризующимся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха не более 75%;
- средняя температура не более 35°C;

- наличие непроводящего полового покрытия.

Для химических лабораторий, в которых применяются электроприборы общего назначения, следующие основные правила безопасной работы, установленные в ГОСТ 12.1.019 [39].

- 1) Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
- 2) Ограждение токоведущих частей;
- 3) Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств с целью предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
- 4) Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
- 5) Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- 6) Использование средств защиты и приспособлений от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы;
- 7) По окончании рабочего дня нужно снять напряжение с отдельных приборов, а также отключить все щитки на лабораторных столах и общий рубильник за пределами лаборатории.
- 8) Все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал.

Использование электрических приборов общего назначения в ходе выполнения данной работы не предполагает использования средств индивидуальной защиты персонала. Достаточной мерой безопасности является соблюдение общих правил при работе с электроприборами.

Движущиеся машины и механизмы

Источником опасного фактора является валковая мельница с керамическим барабаном. При работе на данном оборудовании необходимо быть предельно внимательным и аккуратным, так как существует возможность получения травм рук при внесении их в опасную зону.

Перед работой необходимо проверять исправность оборудования на холостом ходу. Не должно присутствовать посторонних звуков. Требования безопасности во время работы по ГОСТ 12.2.061 [40]:

1. Необходимо быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры;
2. Спецдежда должна быть полностью застегнута, убраны волосы;

5.2. Экологическая безопасность

При выполнении научно-исследовательской работы использовались вещества, обеспечивающие минимальное воздействие на окружающую среду. В процессе проведения экспериментальной части работы материалы проходят механическую, химическую обработку.

Защита селитебной зоны

Технология получения технической керамики является достаточно чистым производством, так как любое запыление может повлиять в дальнейшем на работу изделия. В связи с этим применения таких средств защиты селитебной зоны, как санитарно-защитная зона, не является необходимым. Особых требований защиты к зданию, технологическому процессу и оборудованию также не предъявляется, кроме поддержания чистоты рабочего места и работы вентиляции для очистки воздуха от пыли.

Защита атмосферы

Выбросы в атмосферу при выполнении научно-исследовательской работы возможны по двум причинам. Часть выбросов в атмосферу происходят при выгорании органической связки, но они минимальны. Другая часть связана с порошкообразным сырьем и летучими растворителями, которые используются при приготовлении шликера, что вызывает запыленность рабочей зоны и выделение едких запахов в воздух. Для устранения этих вредных факторов применяется местный отсос вытяжкой вентиляционной системы с последующей очисткой запыленного воздуха в аппаратах пылеуловителях.

Защита гидросферы

В ходе выполнения работы большинство компонентов использовалось в жидком виде. После использования их утилизировались в специальные емкости для слива, чтоб не оказывали вредного воздействия на гидросферу.

Защита литосферы

Твердые отходы, которые могли бы привести к загрязнению литосферы - отсутствуют. Брак возникший при отливании ленты может использоваться вторично, путем введения в состав основной массы после соответствующего измельчения.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций техногенного характера:

Пожары и взрывы в зданиях и на коммуникациях;

Внезапное обрушение зданий.

Среди возможных стихийных бедствий можно выделить метеорологические (ураганы, ливни, заморозки), гидрологические (наводнения, паводки, подтопления), природные пожары.

К чрезвычайным ситуациям биолого-социального характера можно отнести эпидемии, эпизоотии, эпифитотии.

Использование в ходе работы электрического оборудования, а также печных установок для высокотемпературного обжига создает вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера: возгорания, пожара, взрыва.

Основными и наиболее частыми причинами ЧС подобного рода являются:

- 1) Нарушение элементарных правил пожарной безопасности;
- 2) Неисправность электрооборудования, электросетей и нарушение электротехнических правил;
- 3) Самовозгорание, статическое электричество, грозовые разряды;

Перед работой с оборудованием необходимо пройти инструктаж по технике безопасности. Оборудование должно располагаться в помещении таким образом, чтобы не угрожать путь эвакуации в случае ЧС и не угрожать автомат аварийного отключения электроэнергии, а в электрической цепи присутствовать устройство защитного отключения. Так как при повреждении изоляции соединительных проводов возможно возгорание проводки, то рядом с оборудованием должен находиться исправный огнетушитель.

В случае возгорания, возникновения пожара или взрыва необходимо немедленно прекратить работы в помещении и принять меры по устранению чрезвычайной ситуации (ППБ 01-03 [41]). По возможности необходимо обесточить всё оборудование в лаборатории при помощи общего рубильника. В случае, если пожар не распространился по помещению, необходимо использовать огнетушитель, для своевременного тушения загоревшегося оборудования или участка электросети. Для тушения пожара применять ручные углекислотные огнетушители (типа ОУ-2, ОУ-5), находящиеся в помещениях офиса, и пожарный кран внутреннего противопожарного водопровода. Огнетушители должны постоянно содержаться в исправном состоянии и быть готовыми к действию.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить точный адрес места возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов. При необходимости нужно обеспечить эвакуацию людей в безопасное место, а также использовать кнопку пожарной сигнализации. При общем сигнале опасности покинуть здание согласно «Плану эвакуации людей при пожаре и других ЧС». Рабочее место располагается в 3 корпусе ТПУ 024 аудитория, на цокольном этаже. План эвакуации персонала из лаборатории НОЦ Н.М. Кижнера при возникновении пожара представлен на рисунке 5.2.

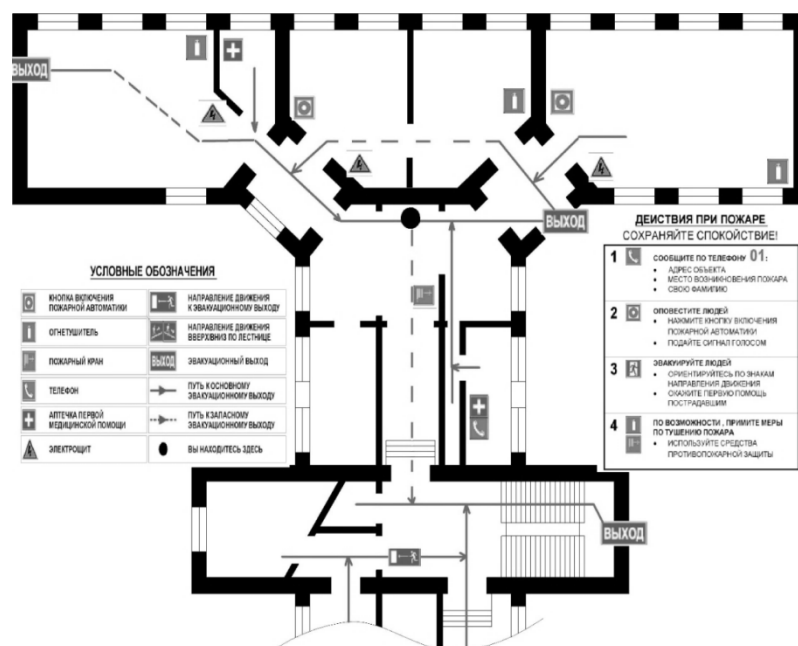


Рисунок 5.2 – План эвакуации сотрудников лаборатории НОЦ Н.М. Кижнера

Также в лаборатории находится аптечка с медикаментами для оказания пострадавшим первой медицинской помощи

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

К организации, производящей керамические подложки предъявляются требования в соответствии с ФЗ №116 «О промышленной безопасности на опасных производственных объектов»[42]. Второй раздел этого ФЗ обязывает предприятие страховать оборудование, сооружение и персонал на случай возникновения ЧС.

В соответствии с ФЗ №116 все затраты на ликвидацию последствий аварии, а также компенсацию ущерба обязана выплатить организация. Суммы выплаты отдельным лицам составляют от 2.000.000 до 7.000.000 рублей, а выплаты государству за нанесение вреда окружающей среде (атмосфере, гидросфере, биосфере) рассчитываются непосредственно по результатам аварии специальной выездной комиссией.

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Большое значение для профилактики статических физических перегрузок имеет правильная организация рабочего места человека. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Проведение научно - исследовательской работы в основном производится в положении стоя. Согласно ГОСТ 12.2.033-78 [43]:

- Конструкция производственного оборудования и организация рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием: высоты рабочей поверхности. Оптимальная рабочая поза для работающих более низкого роста достигается за счет увеличения высоты подставки для ног на величину, равную разности между высотой рабочей поверхности для работающего ростом 1800 мм и высотой рабочей поверхности, оптимальной для роста данного работающего;

- Для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

Перед началом работы каждый работник проходит инструктаж и вводную лекцию по технике безопасности, после которой он расписывается в журнале о вводном инструктаже. Для исключения возможности несчастных случаев вопросы безопасности труда и других видов деятельности изучают в обязательном порядке все студенты и учащиеся высших и средних

специальных учебных заведений в соответствии с утвержденными учебными планами и программами.

Также необходимо проводить поверку и вести контроль за оборудованием и осуществлять в указанный период государственный надзор и общественный контроль за соблюдением законодательства по охране труда.

Кроме того, важным аспектом являются организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны. Рабочее место на литейной машине и мельнице должно предусматривать свободный доступ к любой их части для контроля над процессом и ремонта. Также установка не должна загрождать пути эвакуации в случае ЧС и закрывать собой предупредительные знаки и сигналы.

Органы управления должны быть выделены по отношению к общему фону, а рычаг аварийного отключения электроэнергии должен быть легко достигаем при работе у любой части установки.

ВЫВОДЫ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

